

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## **Plánování výroby ve firmě John Crane Sigma**

## **Production planning in company John Crane Sigma**

Student: Tomáš Filip  
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Josef Novák, CSc.

Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Filip**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**  
Specializace: **70 Strojírenská technologie**  
Téma: **Plánování výroby ve firmě John Crane sigma**  
**Production Planning in Company John Crane sigma**

### Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu.
2. Posouzení současného stavu.
3. Návrh řešení.
4. Metodika plánování.
5. Celkové zhodnocení řešení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

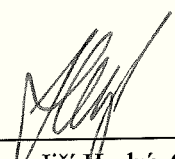
*Organizace a řízení* [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008– . [cit.2008-12-14]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/organizace-a-rizeni.pdf>  
NOVÁK, Josef. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava 2004, 266 s.  
*Ekonomika a řízení provozů* [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008– . [cit.2008-12-14]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/ekonomika-a-rizeni-provozu.pdf>  
TOMEK, Gustav. VÁVROVÁ, Věra. *Řízení výroby*. Grada Publishing, 1999. 439 s. ISBN 80-7169-578-5  
KOŠTURIÁK, Ján. a kol. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: EDIS 2000, 397 s. ISBN 80-7100-553-3

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

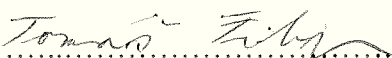
  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Jiří Mrubý, CSc.  
vedoucí katedry



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením  
vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5. 2011 .....

.....  


Tomáš Filip

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpis, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19.5.2011

Tomáš Filip

podpis

Tomáš Filip

U potoka 47

Olomouc – Holice

78371

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

FILIP, T. Plánování výroby ve firmě John Crane Sigma: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 46 s. Vedoucí práce: Novák, J.

Bakalářská práce se zabývá problematikou plánování výroby ve firmě John Crane Sigma. V úvodu je velká část věnována popsáním průběhu zakázky výrobním procesem od přijetí objednávky od zákazníka po expedici hotového výrobku a úkoly jednotlivých oddělení v tomto procesu. V další části práce je popsán způsob normování komponentů ve firmě a na konkrétním příkladě jsou porovnány časy na výrobu dílce spočítané metodou používanou ve firmě s metodou použitou z odborné literatury. Tyto časy jsou dále vyhodnoceny a je navrženo řešení s důrazem na objektivizaci norem a její pozitivní vliv na plánování výrobních kapacit.

## BACHELOR THESIS ABSTRACT

FILIP, T. Production planning in company John Crane Sigma: bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2011, 46p. Thesis supervisor: Novák, J.

The bachelor thesis is concerned with the issues of production planning in company John Crane Sigma. The introduction is focused on describing the procedure of handling an order through the production process: starting from accepting the order from the customer up to the despatch of the finished product and the tasks of individual departments in this process. The next part of the thesis describes the way of standardizing components in the company and, using a specific example, compares the time needed for producing the part counted with the method used in the company with a method from technical literature. These times are then evaluated and a solution is proposed which stresses the objectivization of regulations and its positive influence on planning production volumes.

## Obsah

Seznam použitého značení .....	-1-
Úvod.....	-2-
<b>1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>-3-</b>
1.1 Produkty, které firma vyrábí.....	-3-
1.2 Organizační struktury .....	-4-
1.3 Výrobní hala .....	-5-
1.3.1 Strojový park (rozdělení dle jednotlivých buněk) .....	-6-
1.3.2 Strojový park – montáž spojek .....	-8-
1.4 Podnikový informační systém .....	-8-
1.5 Průběh zakázky od přijetí objednávky od zákazníka po expedici hotového výrobku .....	-9-
1.6 Obecný příklad montáže ucpávky .....	-12-
1.7 Systém plánování v podniku .....	-12-
1.7.1 Kapacitní plánování výroby .....	-13-
1.7.2 Kapacitní matice.....	-14-
1.7.3 Výrobní postup .....	-14-
1.7.4 Výrobní kapacita .....	-15-
1.7.5 Plánování zakázek s ohledem na dostupnost surového materiálu .....	-15-
1.7.6 Plánování zakázek pro montáž .....	-16-
1.8 Plánování výrobního procesu.....	-16-
<b>2 METODIKA PLÁNOVÁNÍ.....</b>	<b>-24-</b>
2.1 Další systémy řízení výroby a metody plánování .....	-24-
2.1.1 Systém Just in time (JIT).....	-24-
2.1.2 Systém BOA (Belastungorientierte Auftragsfreigabe) .....	-24-
2.1.3 Systém KANBAN .....	-25-
2.1.4 Systém CIM – OSA (otevřená systémová architektura).....	-26-
2.1.5 Systém MRP II (Manufacturing Ressource Planning) .....	-27-
2.1.6 Metody na bázi teorie omezení (TOC).....	-27-

<b>3</b>	<b>POSOUZENÍ SOUČASNÉHO STAVU A NÁVRH ŘEŠENÍ .....</b>	<b>-30-</b>
<b>3.1</b>	<b>Normování vyráběných dílců.....</b>	<b>-30-</b>
3.1.1	Snímek průběhu práce .....	-31-
3.1.2	Tabulky pro stanovení strojních časů a časů na přípravu pro jednoduché komponenty....	-32-
<b>3.2</b>	<b>Tvorba a výpočty odvozených normativů.....</b>	<b>-35-</b>
3.2.1	Výpočet strojních časů automatického chodu stroje .....	-35-
<b>3.3</b>	<b>Porovnání výsledku časů soustružení jednoduchého dílce pomocí tabulky používané ve firmě a vzorců z literatury.....</b>	<b>-39-</b>
<b>4</b>	<b>CELKOVÉ ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ .....</b>	<b>-43-</b>
<b>4.1</b>	<b>Objektivizace norem.....</b>	<b>-43-</b>
<b>4.2</b>	<b>Porovnání výsledků.....</b>	<b>-43-</b>
	Závěr .....	-45-
	Použitá literatura .....	-46-

**Seznam použitého značení**

A	šířka frézované plochy	[mm]
$A_p$	tříska odebíraná při soustružení	[mm]
B	nakupovaná položka	
BOM	Bill of material (kusovník)	
CIM	Computer Integrated Management	
DBR	Drum Buffer Rope	
JIT	Just In Time	
L	obráběná délka	[mm]
MRP	Material requirement planning	
MRP II	Manufacturing Ressource planning	
OPT	Optimised Production Technology	
SU	soustružení	
SW	software	
TOC	metody na bázi teorie omezení	
$d_p$	vnitřní průměr po předvrtání	[mm]
g	počet chodů závitu	
h	hloubka třísky	[mm]
i	počet záběrů (třísek)	
$l_1, l_2$	délka náběhu a přeběhu soustružnického nože	[mm]
n	počet otáček obráběného předmětu	[ot/min]
r	poloměr fréry	[mm]
s	posuv nože	[mm/ot]
$t_s$	strojní čas	[min]
$t_{shc}$	strojní čas hrubování čela	[min]
$t_{shvne}$	strojní čas hrubování vnějšího průměru	[min]
$t_{shvni}$	strojní čas hrubování vnitřního průměru	[min]
$t_{snhc}$	strojní čas soustružení na hotovo čela	[min]
$t_{snhvn}$	strojní čas soustružení na hotovo vnějšího průměru	[min]
$t_{snhvni}$	strojní čas soustružení na hotovo vnitřního pr.	[min]
$t_{spř}$	strojní čas předvrtání	[min]
$t_{su}$	strojní čas upichování	[min]
v	řezná rychlost	[m/min]



## Úvod

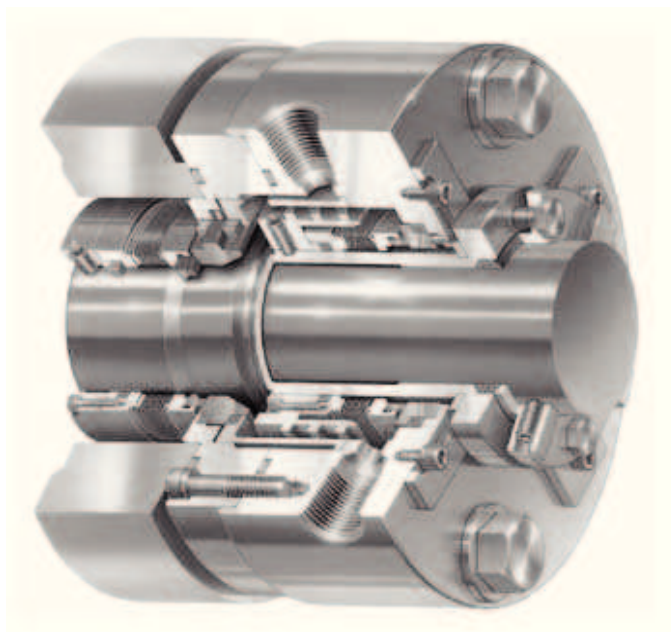
Bakalářská práce se zabývá problematikou plánování výroby ve firmě John Crane Sigma. V první části práce je provedena analýza současného stavu. Zde je velká část věnována průběhu zakázky výrobou a definováním úkolů jednotlivých oddělení od přijetí objednávky od zákazníka až po expedici hotového výrobku. V dalších částech práce je popsáno posouzení současného stavu s následným nástinem řešení. Zde jsou porovnány časy na výrobu dílce podle současné metody normování ve firmě s metodou z odborné literatury. V poslední části se zabývám celkovým zhodnocením řešení se zaměřením na objektivizaci norem.

Firma John Crane Sigma a.s. byla založena britskou nadnárodní společností TI Group plc a českou společností Sigma Lutín v roce 1993. Je součástí Smiths Group, globální technologické skupiny kotované na londýnské burze. Předmětem činnosti je výroba, distribuce a prodej ucpávek a těsnících systémů zejména pro průmysl chemický, petrochemický, potravinářský, papírenský, farmaceutický, energetiku, těžbu nerostných surovin. Firma dále vyrábí spojky pro přenos hnací síly rotačních strojů. Ve svém sídle v Lutíně nedaleko Olomouce firma vyrábí a zásobuje sesterské společnosti John Crane a také koncové zákazníky z České republiky.

## 1 Analýza současného stavu

### 1.1 Produkty, které firma vyrábí

#### Mechanické ucpávky:



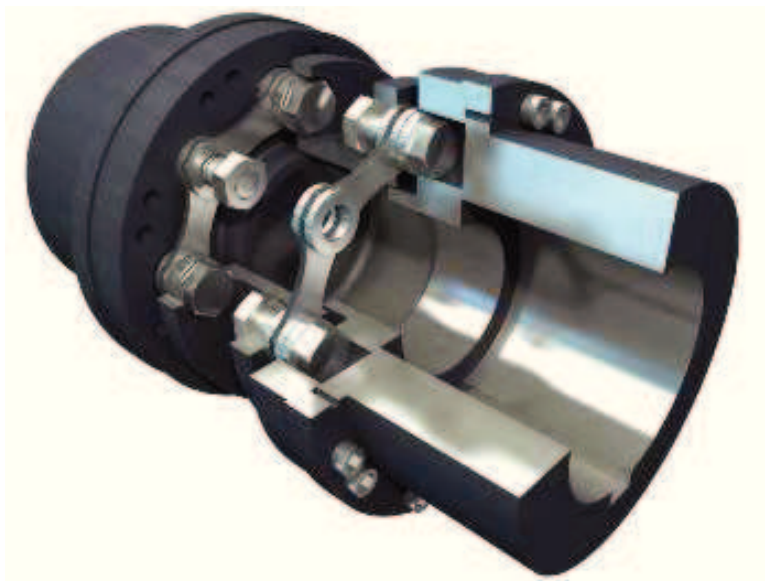
Obr. 1 Ucpávka – typ 1604

Firma vyrábí širokou škálu ucpávek. Jako příklad je na obr. 1 uveden typ 1604.

**Mechanické ucpávky** se používají při utěšňování rotujících hřídelů vůči stacionárnímu tělesu, např. u čerpadel a míchadel. „Pevná“ část ucpávky (sedlo) je obvykle umístěna v tělese, „rotující“ část je připevněna na hřídeli. Velmi přesně obrobené kluzné plochy jsou vůči sobě v rotačním pohybu a zároveň jsou k sobě přitlačovány pružinami, jež zabráňují otevření ucpávky. Unášené těsnicí čelo i stacionární sedlo jsou vůči hřídeli, respektive tělesu, staticky utěsněna sekundárním těsněním (O-kroužky). Vstupem čerpaného média do těsnicí spáry vzniká mazací film, čímž je dosaženo těsnicího efektu.

Konstrukce ucpávky a kombinace použitých materiálů jsou v zásadě určovány tlakem, teplotou, rychlostí otáčení a druhem čerpaného média.

**Spojky:**

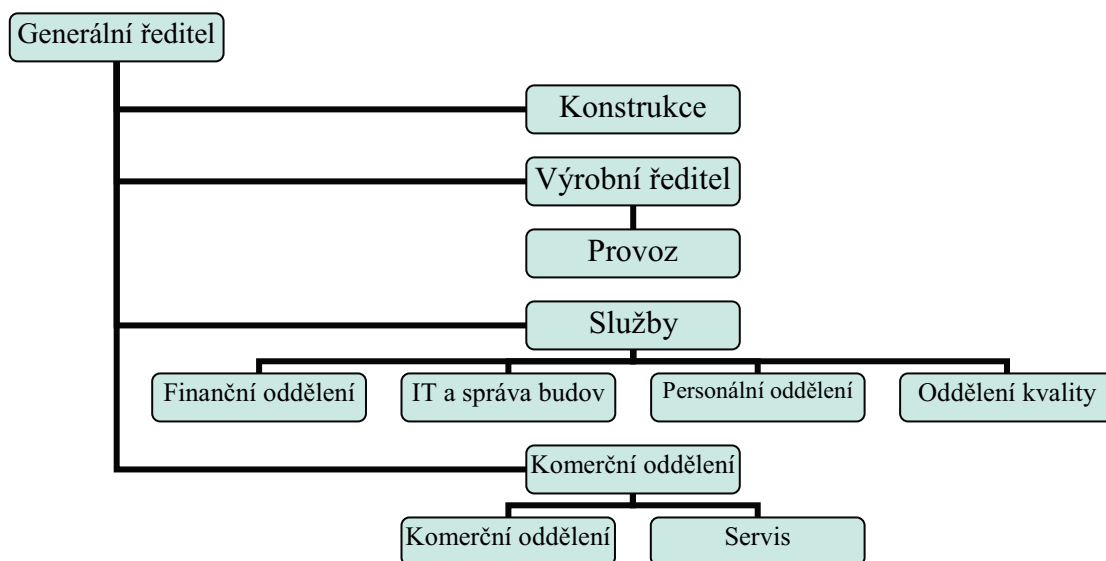


Obr.2 Spojka – typ TLK

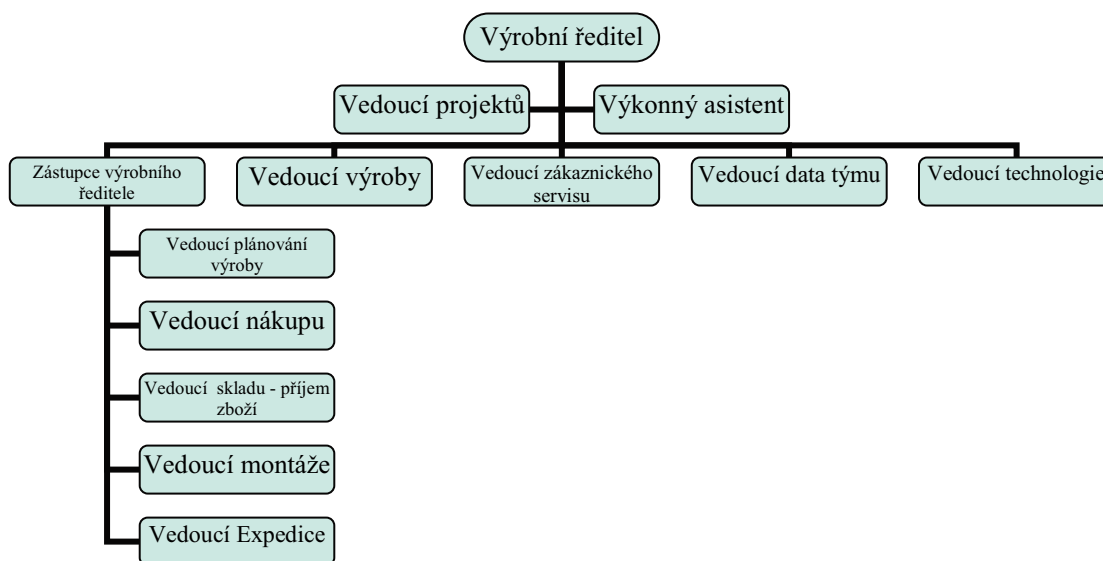
Na obrázku je uveden typ spojky TLK, jeden z mnoha, které firma vyrábí.

**Spojka** je strojní součástka, která spojuje obvykle hnací a hnaný hřídel a slouží k přenosu kroutícího momentu, někdy také k vyrovnaní vzájemné nesouososti obou hřídelů.

## 1.2 Organizační struktury



Obr. 3 Organizační struktura John Crane Sigma



Obr.4 Organizační struktura provozu

### 1.3 Výrobní hala

S ohledem na to, že se jedná o kusovou výrobu různých typů dílců, které jsou si více či méně podobné ať už rozměrově, či použitou technologií výroby, je výrobní hala rozdělena do sektorů tzv. buněk dle produktů, které se v těchto buňkách vyrábějí. V každé buňce jsou CNC soustruhy a většinou alespoň jedna CNC frézka.

Výrobní hala je tedy rozdělena na buňku **přírub, kroužků, pouzder, spojek a speciálů**. Buňka přírub a pouzder je ještě dále rozdělena dle velikosti na malé a velké (příruby či pouzdra). Po výrobě komponentů v buňkách následuje montáž.

Naše výroba má kusový charakter, vyrábí se zde velký počet různých druhů výrobků v jednotlivých kusech, nebo v malých množstvích. Výroba se opakuje nepravidelně a v některých případech se neopakuje vůbec. Ojedinelost opakování výroby stejných druhů výrobků si vynucuje velkou univerzálnost strojů a vysokou kvalifikaci pracovníků. Vyrábí se výlučně na zakázku, jde o výrobu v buňkách podle tvaru výrobku.

Firma John Carne Sigma vyrábí ucpávky, spojky a náhradní komponenty pouze pro sesterské společnosti John Crane a koncové zákazníky z České republiky.

### 1.3.1 Strojový park (rozdělení dle jednotlivých buněk)

#### **Buňka velkých přírub**

Soustruhy:

- Mori Seiki SL 35B/1500
- Mori Seiki SL 35B/750
- Mori Seiki SL 65B/750
- Mori Seiki SL 403B/800

Frézky:

- frézky Hermle

#### **Buňka malých přírub**

Soustruhy:

- Mazak QTN350M/1500U
- Mazak QTN 250M/1000L

Frézky:

- Mori Seiki SV 403
- frézky Hermle

#### **Buňka kroužků**

Soustruhy:

- HITACHI Seiki HT 20 SII
- Mori Seiki SL 25 M5
- Mori Seiki SL 253
- Mori Seiki SL 25Y
- Gildemeister NEF 520
- Masturn MT50 CNC

Frézky:

- Mori Seiki SV 403
- frézka LEADWELL

### **Buňka velkých pouzder**

Soustruhy:

- Mazak QTN350M/1500U
- Mazak QTN 3502
- Mori Seiki SL 25Y

Frézky:

- Intos FNG 40 CNC TNC 415

### **Buňka malých pouzder**

Soustruhy:

- Mazak QTN 200M/500U
- Mazak QTN 250M/1000L
- Mazak SQT 18 MS
- Gildemeister NEF 520

### **Buňka spojek**

Soustruhy:

- Gildemeister CT 60
- Mori Seiki SL 40 THE
- Mazak QTN 200M/500U

Frézky:

- Haas VF2 HSSE
- Kitamura 7 X

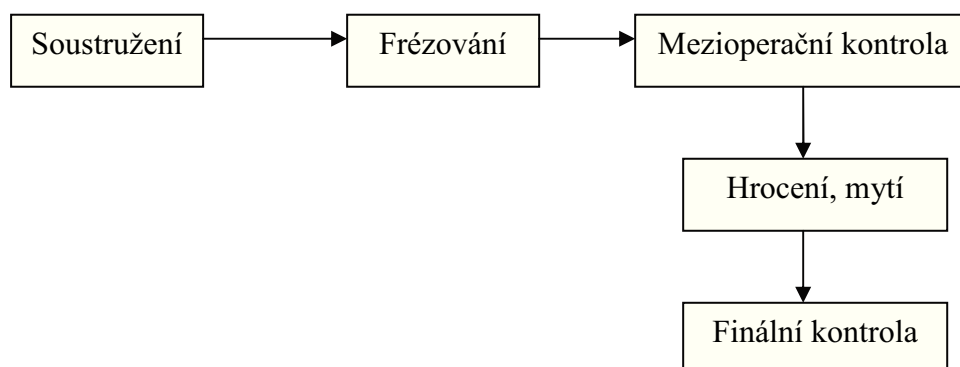
## Buňka speciálů

Soustruhy:

- Mazak QTN350M/1500U

Frézky:

- Mazak Variaxis 500 - 5XII



Obr. 5 Materiálový tok v buňce

### 1.3.2 Strojový park – montáž spojek

Protahovačky FROMAG

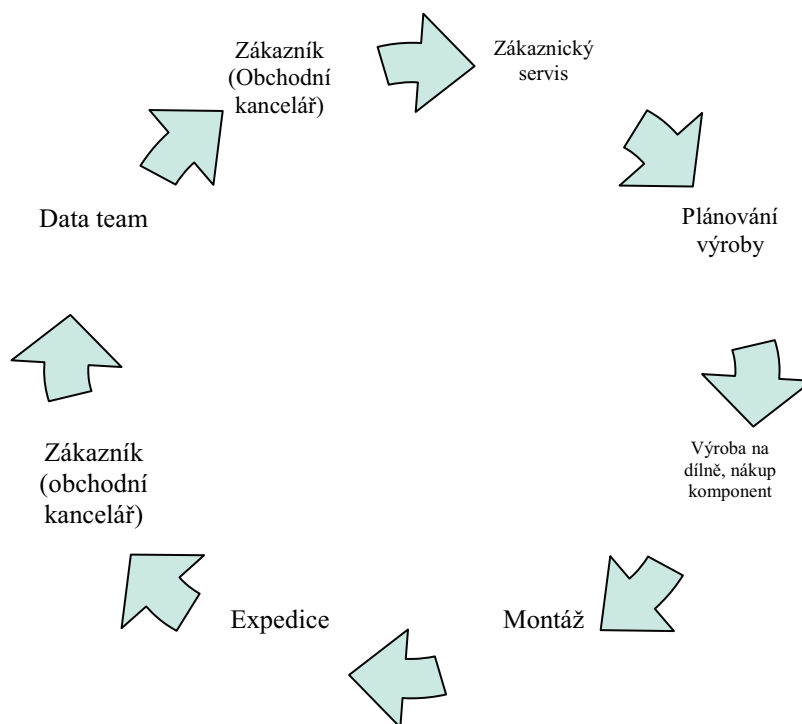
Vyvažovačky: SCHENCK, H4U, Saturn

Protahovačky se používají pro vytvoření drážky pro pero v náboji. V případě, že nástroje protahovačky neumožňují vytvoření drážky, náboje se posílají na vydrážkování do kooperace (například na drátořezku). Vyvažovačky se používají na vyvážení jednotlivých dílů spojky, nebo spojky jako celku dle požadavků zákazníka.

## 1.4 Podnikový informační systém

Od roku 2008 používá firma podnikový informační systém SAP, díky němuž je ve spojení se zákazníky (ostatními výrobními, nebo pouze prodejními podniky skupiny John Crane po celém světě).

## 1.5 Průběh zakázky od přijetí objednávky od zákazníka po expedici hotového výrobku



Obr. 6 Schéma průběhu zakázky výrobním procesem

**Zákazník** (obchodní kancelář sesterské společnosti John Crane), nebo koncový zákazník z České republiky kontaktuje náš **Data team** se všemi požadavky na výrobek (požadovaný materiál,...). Dále poskytne výkresovou dokumentaci, podle níž Data team vytvoří v systému potřebná data, jako je například technologický postup, kusovník, cena a doba, za kterou jsme schopni výrobek zákazníkovi dodat. Data team dá po vytvoření dat zpětnou vazbu zákazníkovi se všemi pro něj potřebnými informacemi, které jsou především cena a doba dodání výrobku. Na základě těchto informací se zákazník rozhodne, zda si nechá u nás výrobek vyrobit, nebo dá přednost jiné sesterské společnosti ze skupiny John Crane. V případě, že se rozhodne zadat objednávku u nás, objednávku do systému zadá sám s ohledem na všechny informace, které mu Data team předal (pokud je ze skupiny John Crane používající informační systém SAP). Pokud do této skupiny nepatří a tento systém nepoužívá, informuje nejprve zákaznický servis firmy.



V případě, že koncový zákazník je z České Republiky, výrobek si objedná přímo přes komerční oddělení (obchodní kancelář) naší firmy. Pro tyto zákazníky naše komerční oddělení zajišťuje také servis.

**Zákaznický servis** (Customer service manager) je v naší firmě pouze jedna osoba, která je pověřena komunikovat se zákazníkem a naopak zákazníci komunikují výhradně s touto osobou. Pokud například zákazník požaduje dodat některé výrobky dříve, než bylo původně v plánu, kontaktuje zákaznický servis, který dotaz předá dál plánování výroby. Plánovač výroby zajistí přeplánování zakázky a dá zpětnou vazbu zákaznickému servisu, který informaci předá dál zákazníkovi.

V případě, že zákazník nepoužívá informační systém SAP, požádá Zákaznický servis, aby objednávku do našeho systému vložil. Zákaznický servis (Customer service manager) předá požadavek na vytvoření objednávky plánování výroby. Předá mu samozřejmě veškeré potřebné informace od zákazníka (jako například seznam a počet kusů, požadovaný datum doručení výrobků zákazníkovi, fakturační a odesílací adresy, speciální požadavky na materiál, případně požadované certifikáty o původu zboží, či materiálové certifikáty,...).

**Plánování výroby** tuto objednávku zadá do systému s veškerými zákaznickými požadavky. Objedávka se automaticky zaplňuje dle předem stanoveného času na výrobu dílců, nákup komponentů, montáž, uskladnění a dopravu. Naplňuje se zpětně dle původního data doručení zakázky zákazníkovi, který plánovač dle požadavku zadal do systému a vygeneruje se datum, kdy se musí na daných komponentech začít pracovat. Tři pracovní dny před naplánovaným začátkem výroby komponentu se automaticky vytiskne zakázka, kterou plánovač výroby zpracuje. Každá zakázka obsahuje veškeré informace potřebné pro výrobu (technologický postup, kusovník, číslo dílenského výkresu, speciální zákazníkovi požadavky,...). K této zakázce je pouze potřeba vytisknout dílenský výkres součástí. V případě, že zákazník požaduje záznam o mezioperační či výstupní kontrole, plánovač vytiskne i potřebné formuláře pro oddělení kontroly. Všechny tyto dokumenty se vloží do složky, které jsou barevně rozlišené dle buňky, ve které se budou dílce vyrábět. Tato přehledná a jednoduchá vizualizace napomáhá plynulejšímu toku zakázky dílnou, která je podle tvaru a použité technologie výroby rozdělena na buňky (viz. kapitola 1.3 Výrobní hala).

Takto zpracovanou zakázku plánovač výroby pošle na řezárnu surového materiálu, která podle kusovníku uřeže potřebný přířez požadovaného materiálu a zakázku vrátí zpět i s materiálem.

Na **příjmu surového materiálu** se zakázky se surovým materiálem sjednocují zvlášť na palety dle buňky, ve kterých se budou dílce na dílně vyrábět, tedy podle barev složek.

Takto rozdělené palety putují na **výrobní halu**, kde je dispečeri navážejí na paletách ke strojům. Proces výroby dílců v buňce viz. kapitola 1.3 Výrobní hala.

Jsou – li na dílci operace, které dílna z technologického hlediska není schopna vykonat (nemá potřebné stroje, nebo nástroje) – technologický postup již s tímto stavem předem počítá, dílec je odeslán do **kooperace**. V kooperaci se provede potřebná operace a dílec se následně zkontroluje v oddělení kontroly. Je-li potřeba vykonat na dílně další operace, dílec je poslán na dílnu na další zpracování.

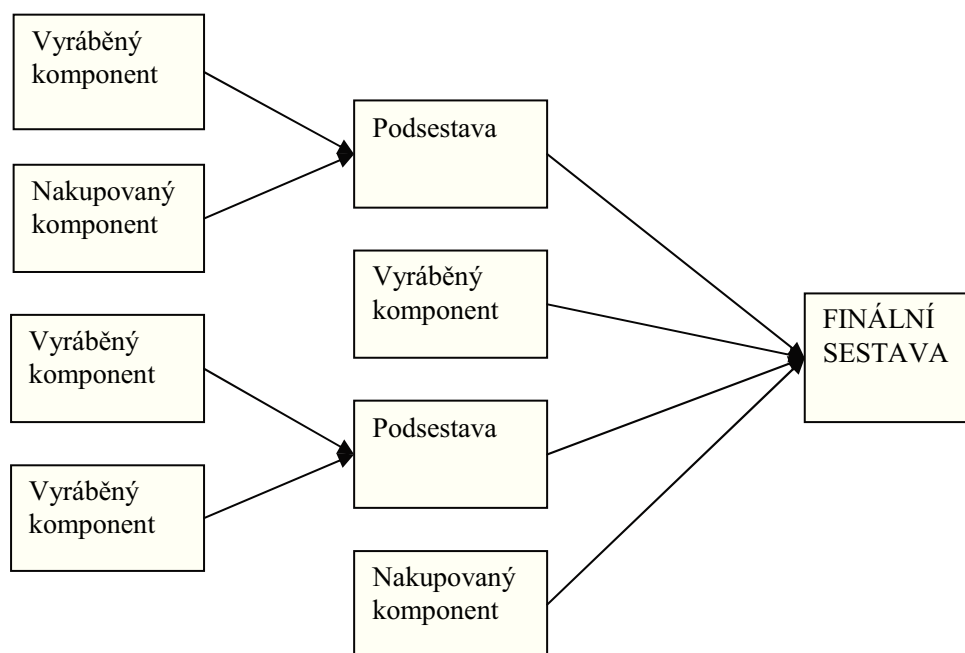
Je-li dílec po doručení z kooperace hotov, uloží se na **sklad**. Dílce se vyrábí buď na doplnění skladu (u předem určených dílců, které mají velké užití a vyžadují mít stále menší či větší počet kusů skladem), pro zákazníka jako komponent do ucpávky nebo spojky, nebo jako díl pro ucpávku či spojku.

Jde – li o samostatný komponent, výrobek se po přijetí na sklad následně přesune do **expedice** kde se vyexpeduje zákazníkovi. To znamená, že se zabalí dle standardů, přiloží se faktury, certifikáty, atd. a odešle se v balíku přepravní firmou zákazníkovi.

**Oddělení nákupu** nakupuje komponenty s ohledem na požadovaný počátek montáže ucpávky či spojky. Některé komponenty se standardně nakupují v kooperaci i přesto, že by je bylo možné vyrobit na dílně. Nakupují se hlavně z kapacitního omezení dílny. V případě urgentních zakázek, kdy není dodavatel schopný výrobek dodat v požadovaném zkráceném čase, je možnost dílec vyrobit na dílně. V tomto případě se nákup komponentu u dodavatele zruší a vyrobí se na dílně.

**Montáž** ucpávek a spojek se provádí po přijetí všech potřebných komponentů na sklad a v termínu, kdy je montáž plánováním výroby naplánována. Ucpávky i spojky se skládají z komponentů nakupovaných a vyráběných na dílně. Po zajištění disponibility veškerých komponentů na skladě se v oddělení plánování výroby automaticky vytiskne zakázka na montáž. Plánovač výroby tuto zakázku předá s potřebnými dokumenty, jako je například vyvažovací certifikát ke spojce, montážníkovi na dílně, který si ze skladu nechá skladníkem vydat komponenty a provede montáž a případné vyvážení spojky. Poté se sestava přijme na sklad, pracovník expedice ji potřebnými úkony připraví na přepravu, přiloží veškeré dokumenty a expeduje se zákazníkovi.

### 1.6 Obecný příklad montáže ucpávky

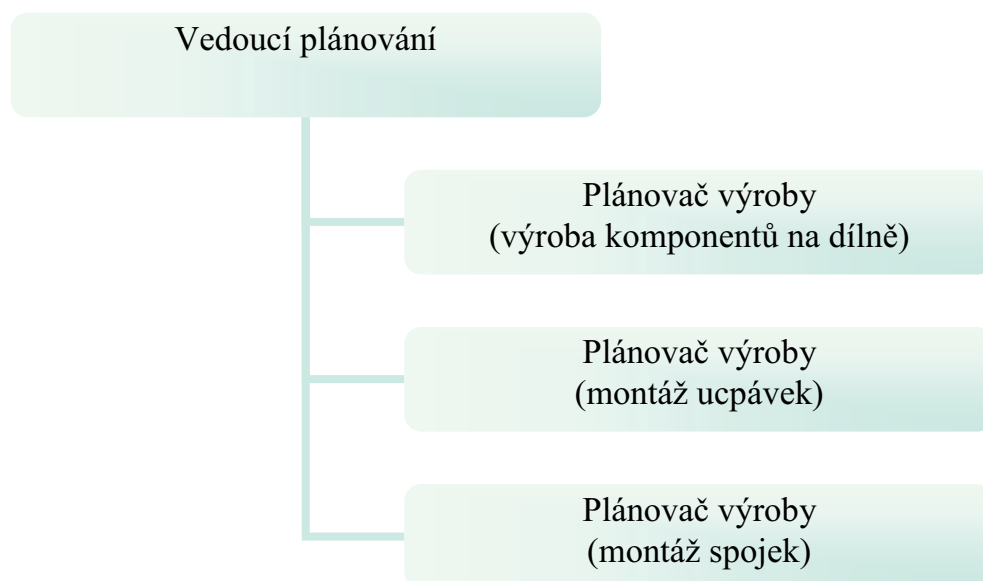


Obr.7 Elementární struktura produktu - kusovník

### 1.7 Systém plánování v podniku

V podniku je zaveden systém plánování MRP (Material Requirement Planning = plánování požadavků na materiál). Jako informační systém je využíván SAP, díky němuž se zákazník, který také používá SAP, může například podívat, v jakém stavu

rozpracovanosti se jeho objednávka nachází, nebo zadávat objednávky do systému přímo, bez nutnosti kontaktoval vedoucího zákaznického servisu s žádostí o vytvoření objednávky.



Obr. 8 Organizační struktura – plánování výroby

### 1.7.1 Kapacitní plánování výroby

Pro efektivnější plánování výroby na dílně se používá tzv. kapacitní matice, která je schopná s dostatečným předstihem přehledně informovat o kapacitním vytížení dílny na základě objemu objednávek v daném období. Kapacitní matice je rozdělena dle výrobních buněk na dílně. Sleduje se tedy jak vytíženost celé dílny jako celku, tak vytížení jednotlivých buněk.

Co dělat při přetížení buňky:

Při přetížení jedné buňky například v týdnu T3, přičemž T0 = současný týden a týden následující = T1, následuje několik možností, jak tuto situaci řešit.

- přeplánovat zakázky do týdnů s volnější kapacitou
- zrušení výroby těchto zakázek na dílně a zadání jejich výroby do kooperace

Při přetížení buňky v týdnu T0, což je týden právě probíhající:

- naplánovat přesčasy na dílně v přetížené buňce
- přemístit výrobu komponent z přetížené buňky do buňky s nižší vytížeností

### 1.7.2 Kapacitní matice

Na obr. 9 je kapacitní matice, kde lze přehledně vidět využití kapacity dílny a jednotlivých buněk. Ve sloupcích je matice rozdělena podle týdnů, přičemž první sloupec zleva je týden právě probíhající. Na řádcích je matice rozdělena podle výrobních buněk. Kapacita dílny lze v matici pružně upravovat například s ohledem na dovolenou operátorů, dočasné vyřazení stroje z provozu, probíhající školení a omezení provozu stroje pouze na dvě směny, atd.

CZ00 OVERALL CAPACITY (SHOP & SUBCON)		115%	71%	37%	16%	11%	7%	10%	4%
SHOP		5,380	5,450	5,480	5,480	5,527	5,527	5,527	4,602
		5,428	5,450	5,480	5,480	5,527	5,527	5,527	4,602
	A - AHW	4,428	4,528	4,528	4,528	4,602	4,602	4,602	3,848
	Glands	2,638	2,708	2,708	2,708	2,783	2,783	2,783	2,211
	Gl. large	1,742	1,820	1,820	1,820	1,868	1,868	1,868	1,511
	Gl. small	944	888	888	888	915	915	915	737
	Shared	1,696	1,688	1,688	1,688	1,715	1,715	1,715	1,408
SUBCON	Rings	1,088	1,124	1,124	1,124	1,154	1,154	1,154	888
	Cplgs	638	638	638	638	638	638	638	511
	Specs	1,088	1,124	1,124	1,124	1,154	1,154	1,154	888
		1,088	1,124	1,124	1,124	1,154	1,154	1,154	888

Obr. 9 Kapacitní matice

### 1.7.3 Výrobní postup

Základem každého kapacitního plánování je popis postupu při výrobě určitého produktu či realizaci určité služby, která bývá označován jako pracovní, výrobní nebo technologický postup, někdy též procedura. Výrobní postup vždy obsahuje výčet všech činností (operací), které bývají nejen slovně ale někdy i graficky popsány. Zároveň je stanoveno, na jakém pracovišti a jak dlouho bude daná operace prováděna, přičemž někdy bývá oddělen čas stroje a čas obsluhujícího pracovníka. K dalším údajům patří čas potřebný pro přesun na další operaci, potřebné nástroje, měřidla, přípravky a přísady, nezbytné pro realizaci dané operace. Důležitá je návaznost operace na operaci následující. [3]

Číslo operace	10
Popis operace	Montáž
Čas nastavení stroje	0,5 hod.
Čas výrobní	0,25 hod.
Čas obsluhy	0,25 hod.
Název pracoviště	Montážní dílna
Číslo následující operace	20

Tab. 1 – Struktura základních informací ve výrobním postupu [3]

#### 1.7.4 Výrobní kapacita

Představuje maximální objem výroby, kterého je možno na dané technické základně ( strojích zařízeních, plochách.. ) dosáhnout za optimálních podmínek.

Využití výrobní kapacity:

$\text{dosažený objem výroby} / \text{výrobní kapacita} = \text{skutečné využití výrobní kapacity}$

Kapacita určitého výrobního útvaru se zpravidla stanoví v naturálních jednotkách. Je to kapacita tzv. základního článku zařízení ( které provádí rozhodující operace, jeho podíl na celkové pracnosti převažuje ).

$\text{časový fond hlavního článku zařízení} / \text{pracnost výrobku, v němž se stanoví kapacita} = \text{výše výrobní kapacity. [2]}$

#### 1.7.5 Plánování zakázek s ohledem na dostupnost surového materiálu

Při standardním plánování zakázek se přihlíží i na dobu, za kterou je dodavatel schopný sehnat surový materiál. Nákupčí surového materiálu musí být s dostatečným předstihem o tomto požadavku informován, aby byl schopný materiál zajistit dle potřeby.

V případě, že zákazník potřebuje zakázku dříve, než je tato doba, zakázku většinou plánoval výroby na výzvu nákupčího surového materiálu přeplánuje na jiný materiál (většinou jiný průměr).

### 1.7.6 Plánování zakázek pro montáž

Tyto zakázky jsou závislé na dostupnosti vyráběných a nakupovaných komponent. Při standardním plánování je vše naplánováno tak, aby v den, kdy je potřeba začít s montáží sestavy, byly na skladě dostupné jak nakupované, tak vyráběné komponenty. V případě, že zákazník požaduje ucpávku nebo spojku dříve, než bylo původně naplánováno, je třeba:

- přeplánovat na dílně vyráběné dílce a zjistit jejich včasné dodání na sklad
- informovat nákupčí, aby požádal dodavatele o zajištění nakupovaných komponent v požadovaném termínu

## 1.8 Plánování výrobního procesu

### Přijímání zakázek:

- a) obchodní zakázky
- b) podle vytížení výrobních kapacit

### Vstupy pro rozhodování o přijetí zakázek:

- přehled o kapacitách ve sledovaném období
- přehled o všech přijatých, naplánovaných zakázkách (jejich kapacitní potřeby)
- ekonomická kritéria a ekonomické pobídky

Vstupní údaje pro plánování u běžných zakázek jsou:

- pracoviště
- výrobek (operace, která se provádí)
- počet kusů
- datum ukončení
- pracnost výroby výrobku

Cílem plánovacího procesu je vytvoření front operací u jednotlivých pracovišť tak aby došlo k maximálnímu uspokojení zákazníka. Je také důležité brát ohled na náklady spojené s procesem výroby. Zákazník požaduje své zboží v čas, v požadované kvalitě, množství a za co nejnižší cenu. Správné plánování je důležitým faktorem v konkurenceschopnosti podniku. [2]

Systémy MRP:

Systémy vznikly z původního systému MRP (Material Requirement Planning) Zatímco v letech 1950 – 1965 se v plánování a řízení výroby prosazují jako prvek racionalizace systémy řízení zásob, zabývající se postupy určení bodu objednávky a s tím související stanovením velikosti dodávky apod., nastupují od roku 1965 komplexnější systémy. Systémy řízení zásob totiž mohou pro odvození dat pro budoucnost brát v úvahu pouze minulý vývoj a neumožňují poznat souvislosti a účinky na výrobu V letech 1965 – 1975 dochází k největšímu rozvoji systémů MRP jako systému pro zajištění přesné kontroly o plánování nákupu, ale ve vazbě na výrobu a odbyt. Jednotlivé výrobní zakázky jsou podnětem pro výpočet potřeby kusů a materiálu dle kusovníků či norem spotřeby materiálu. Na základě spotřeby pak dochází ke stanovení potřeby. Jde o integraci materiálového hospodářství zajištěním časové i kvantitativní vazby mezi nákupem a odběrem. [1]



Předpokladem uplatnění tohoto systému je:

- struktura kusovníku neznamena pouze výstavbu výrobku, ale obsahuje i návod, jak má být výrobek naplánován a vyroben
- existence přesných dat pro výpočet spotřeby a potřeby
- disciplína uživatelů, zejména v tom, že jsou stanoveny realistické operativní plány výroby. Problémy tohoto systému spočívají v zajištění pružné změnové služby v konstrukci, shrnutí potřeb, definování doby pro výrobu vyráběné součásti a nákupu dílů atd. [1]

Další vývoj od roku 1975 přináší nové alternativy MRP označované jako MRP II, případně další a chápané již jako Manufacturing Ressource Planning (= plánování zdrojů), kdy se systém rozšiřuje o další funkce materiálového hospodářství, plánování denního množství, kontrolní systémy připravenosti materiálu, sledování kritických částí. Další aplikace pak rozšiřují systém o některé prvky operativního plánování výroby (výpočet výrobních dávek), plánování nákladů na výrobu apod. [1]

#### Základní principy MRP:

Hlavním přínosem MRP (Material Requirements Planning) je plánování materiálových požadavků z hlediska skutečných potřeb na určitý produkt, který je požadován zákazníkem nebo byl prognózován jako očekávaná budoucí potřeba trhu. MRP pomáhá řešit základní logistickou úlohu zajištění správného materiálu na správném místě ve správný čas. [3]

Součástí algoritmu MRP je časové bilancování materiálových potřeb daných strukturou výrobku, disponibilním stavem skladových zásob a se zohledněním “otevřených” objednávek a výrobních zakázek. To jsou takové, které dosud nejsou fyzicky na skladě, ale jsou již realizovány, ať již v podobě rozpracované výroby nebo zboží na cestě. [3]



Obr. 10 Základní struktura systému MRP [3]

Pro správný chod MRP je nezbytné, aby existoval:

- soubor položek (nakupovaných i vyráběných) s potřebnými základními údaji
- kusovník (BOM – Bill of material) zachycující strukturu potřebných komponent pro každou vyráběnou položku
- informace o stavu zásob, plánovaných a otevřených objednávkách a zakázkách, včetně jejich časového rozložení pro každou položku
- hodnota průběžné doby nákupu nebo výroby a způsob stanovení velikosti dávky pro každou položku [3]

MRP se principiálně odlišuje od plánování na základě sledování stavu zásob a generování požadavků na nákup či na výrobu na základě dosažení určité předem stanovené limitní velikosti zásob. [3]

K základním charakteristikám MRP patří:

- MRP je orientováno na produkt – funguje na bázi výpočtu, který vychází ze struktury výrobku dané všemi materiálovými položkami (nakupovanými a vyráběnými) potřebnými pro daný konkrétní výrobek.
- MRP je orientováno na budoucnost – při plánování vychází ze základních údajů v souborech a z očekávaných potřeb místo toho, aby byla za základ brána statická data zachycující historii prodeje.
- MRP respektuje požadavky v čase – při výpočtu potřeb jsou brány v úvahu nejen kvantitativní požadavky na materiálové položky, ale rovněž jejich průběžné doby objednání nebo výroby (montáže) s ohledem na rozsah plánovacího horizontu.
- MRP respektuje priority – s ohledem na potřeby zákazníků a požadavky výrobního plánu místo zjišťování toho, co by mohlo být vyrobeno s ohledem na materiálová a kapacitní omezení. [3]

#### Výpočet materiálových potřeb v MRP:

Algoritmus výpočtu MRP probíhá pro každou položku dle vzorce:

Požadavky hlavního plánu výroby

+ alokace

- předpokládaná výše skladových zásob

- předpokládané příchody materiálu („otevřené“ nákupní nebo výrobní objednávky)

= čisté požadavky na materiál, tj. nákupní objednávku nebo výrobní příkaz [3]

Základem výpočtu je velikost potřeb zákazníků či prognóza trhu určená pro finální produkt (nejvyšší položka v rámci struktury výrobku – kusovníku) v rámci hlavního výrobního plánu. Ta je snížena o výši skladových zásob a předpokládaných příchodů materiálu. [3]

V rámci výpočtu pak struktura kusovníku slouží pro následný rozpad potřeb pro všechny individuální položky kusovníku (BOM), tj. všechny nakupované a vyráběné položky, díly a sestavy. Zohledněním případných alokací a plánovaných příjmů na základě objednávek se stanovuje plán čistých požadavků na nákup či výrobu s umístěním do

odpovídajících plánovacích časových period. Tyto zásady dokumentuje následující příklad.  
[3]

Základní MRP tabulka:

Pro pochopení základního fungování MRP je výhodné prezentovat materiálové požadavky na úrovni jedné položky ve formě tabulky, která zohledňuje příslušné „stavy“ materiálu. Základní pojmy, se kterými budeme pracovat jsou:

- hrubý požadavek – plánovaná potřeba dané položky umístěna do příslušné plánovací periody (nejčastěji měsíc, týden, nebo den)
- předpokládané příjmy – existující otevřené objednávky a výrobní příkazy na začátku plánovací periody
- disponibilní zásoba – dané položky na konci každé plánovací periody
- plánované objednávky – nákupní nebo výrobní příkazy [3]

Perioda:	1	2	3	4	5
Hrubé požadavky		10		40	10
Předpokládané příjmy	50				
Disponibilní zásoby 4	54	44	44	4	44
Plánované objednávky				50	
Průběžná doba = 1 perioda. Velikost dávky = 50 kusů.					

Tab. 2 MRP tabulka (příklad) [3]

Tab. 2 zachycuje situaci, při které:

- Disponibilní zásoba sledované položky před zahájením první plánovací periody je rovna 4 kusům.
- V rámci první plánovací periody není žádný hrubý požadavek, ale předpokládaný příjem představuje 50 kusů. To znamená, že na konci první periody je předpokládaná zásoba celkem 54 kusů.
- Tato výše zásob bez problémů pokrývá potřebu hrubého požadavku na 10 kusů. v rámci druhé periody, na jejímž konci se předpokládaná zásoba snižuje na 44 kusů.
- Úroveň disponibilních skladových zásob se z důvodu nulových potřeb a příjmů v rámci následující třetí periody nemění a zůstává na hodnotě 44 kusů.

- Následující hrubý požadavek na 40 kusů ve čtvrté periodě je z této zásoby rovněž pokryt, přičemž zásoba klesá na 4 kusy.
- Tato výše však již nemůže pokrýt potřebu hrubého požadavku v průběhu páté periody. Proto algoritmus MRP na čtvrtou periodu (v časovém posunu rovném jedné periodě, který odpovídá průběžné době objednání této sledované položky), generuje do plánu objednávku na celkem 50 kusů (ve výši velikosti dávky této položky). [3]

#### Průběžná doba výroby:

Metoda MRP obecně plánuje objednávky na nákup nebo výrobu produktů nejen co do množství s ohledem na minimální skladové zásoby, ale rovněž co do potřebného času, čímž dochází ke snížení finančních prostředků vázaných v zásobách a k růstu cash-flow. Proto stanovení dob potřebných pro objednání a dodání nakupovaných surovin a materiálu na jedné straně a vyráběných dílů na druhé straně je velmi důležité. Jejich určení je dáno dodacími lhůtami dodavatelů (u nakupovaných dílů) a výpočtem průběžných dob výroby na základě velikosti výrobní dávky, časů potřebných pro nastavení stroje, času vlastního zpracování a času potřebného pro přepravu dílu mezi jednotlivými pracovišti. [3]

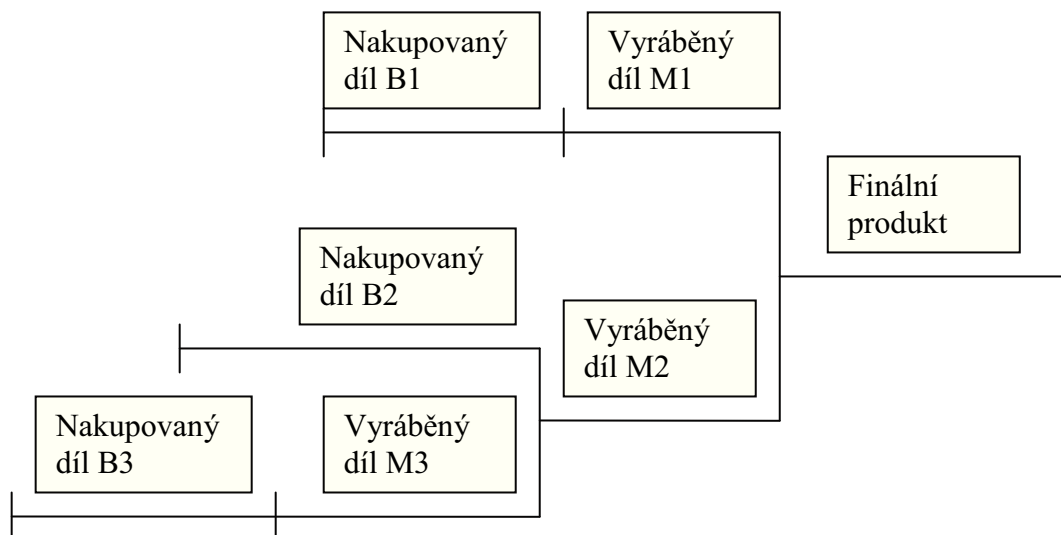
Správné načasování požadavků na nákup/výrobu vychází ze struktury výrobku (kusovníku).

Pokud je struktura výrobku známa, tj. existuje kusovník, pak jej lze použít pro určení celkové doby potřebné pro realizaci výrobku v případě, že je nutné při jednání se zákazníkem určit či potvrdit datum dodání.

Na obrázku 11 je uveden obecný příklad pro finální produkt FP, který obsahuje nakupované (buy) položky označené jako B1, B2, B3 a vyráběné (make) označené jako M1, M2, M3.

Nakupované díly B1 a B3 jsou například ocelová tyč, nebo odlitek, ze kterých se vyrábí vyráběné díly M1 a M3. Nakupovaný díl B2 a vyráběný díl M3 se dále smontují do dílu M2, který po montáži s vyráběným dílem M1 tvoří finální produkt.

Struktura výrobku slouží pro stanovení termínů zahájení a ukončení zakázky. Výpočet může proběhnout pomocí tzv. dopředného plánování, při kterém vycházíme z termínu zahájení a výpočtem následně zjišťujeme termín ukončení a možnost expedice zákazníkovi. Druhou možností je tzv. zpětné plánování, kdy výpočtem na základě pevně stanoveného termínu dokončení určujeme termíny zahájení výroby polotovarů a montážních sestav a od toho odvozujeme data objednání materiálu a nakupovaných dílů. [3]



Obr.11 Kusovník tvoří základ termínování objednávek/zakázek [3]

Stanovení vhodných časů průběžných dob, které jsou pevně zapsány k jednotlivým položkám a na základě nichž je pak následně automaticky realizován na pozadí celý výpočet MRP, je velmi důležité. Ze zcela pochopitelných důvodů se celá řada pracovníků v podniku při jejich stanovení dopouští záměrného navýšení pro eliminaci nahodilých jevů v okolí i uvnitř podniku. Výsledným efektem mohou být neúměrně dlouhé dodací doby a neefektivně vázané prostředky technické, finanční i lidské. [3]

## **2 Metodika plánování**

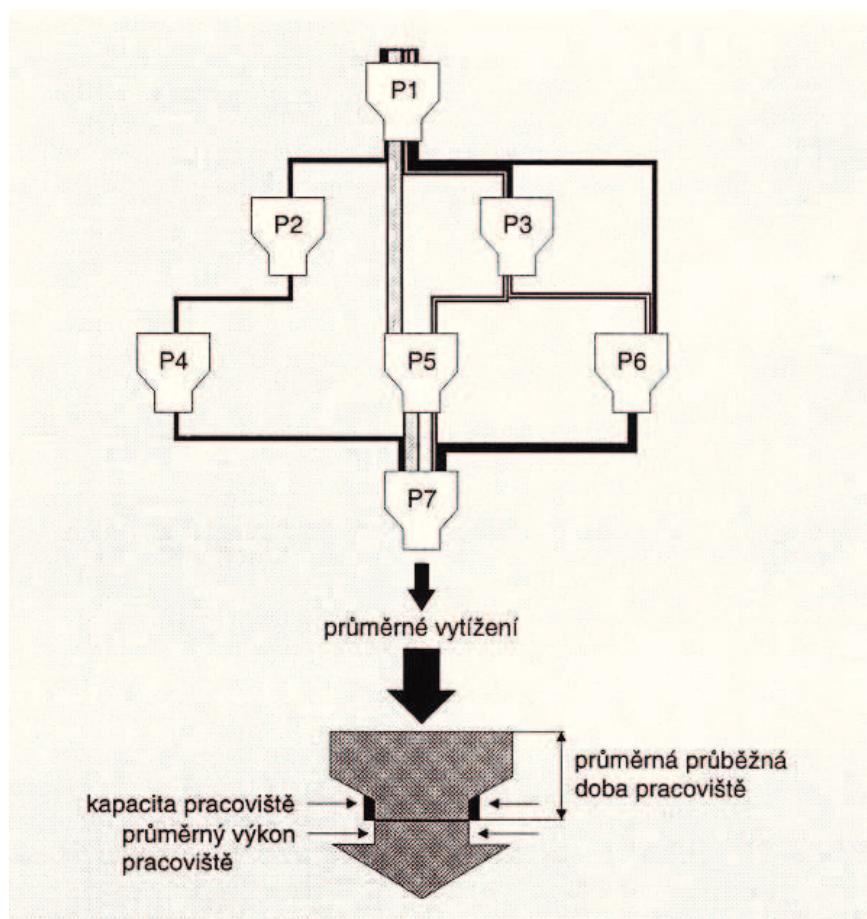
### **2.1 Další systémy řízení výroby a metody plánování**

#### **2.1.1 Systém Just in time (JIT)**

Systém označovaný jako JIT (= právě včas) je různě chápán i hodnocen. Původní představa realizace tohoto systému je vytvoření takových vazeb mezi dodavatelem a odběratelem, aby u odběratele nevznikaly prakticky žádné zásoby. Dodavatel dodává přesně podle stanoveného harmonogramu materiál či díly v požadovaném množství a provedení tak, aby mohly být po provedené kontrole předávány přímo do výroby, např. na montáž. Známé jsou příklady z automobilového průmyslu, kdy z malého výrobce např. střech k automobilu, sedaček do automobilu apod. se stává satelitní firma, v podstatě postupně závislá na firmě velké, kterou představuje odběratel. Na základě krátkodobě předávaných požadavků (v rozmezí okolo 24 hodin) zajišťuje dodavatelský podnik dodávky pro odběratele. Výhodou pro odběratele je minimalizace zásob, zvýšení obratu kapitálu, pro dodavatele především jistota výrobního programu. Cena, kterou za tuto výhodu dodavatel platí, je přenesení břemena zásob od odběratele na něho. Není totiž myslitelné, aby při variabilních požadavcích odběratele mohl pracovat absolutně bez zásob polotovarů. [1]

#### **2.1.2 Systém BOA (Belastungorientierte Auftragsfreigabe)**

Jedná se o systém, kdy je na průběh výrobního procesu pohlíženo nikoliv deterministicky, ale stochasticky. Metoda vznikla v institutu pro výrobní zařízení na Univerzitě v Hannoveru. Jako ústřední řídicí veličina se používá zásoba na pracovišti. Jako model k úplnému popisu výrobního procesu byl použit model trychtýře. [1]

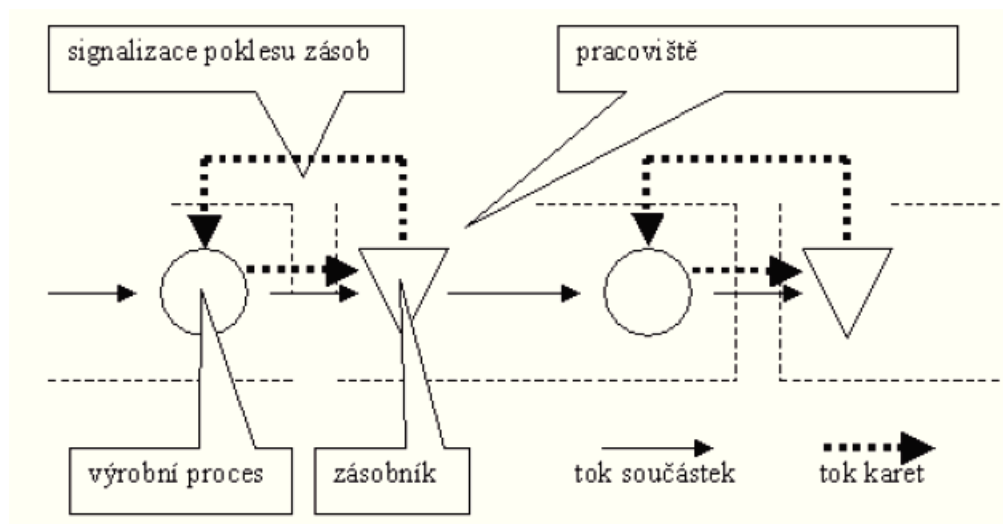


Obr.12 Trychtýřový model výrobního systému a pracoviště. [1]

### 2.1.3 Systém KANBAN

Tento systém využívá při řízení produkce princip výroby na výzvu, někdy také nazývaný jako tahový systém řízení. Vyrábí se jen to, co skutečně požaduje zákazník, v množství a v čase, ve kterém je výrobek požadován. [1]





Obr.13 Schéma principu řízení využívaného u klasického systému řízení KANBAN [1]

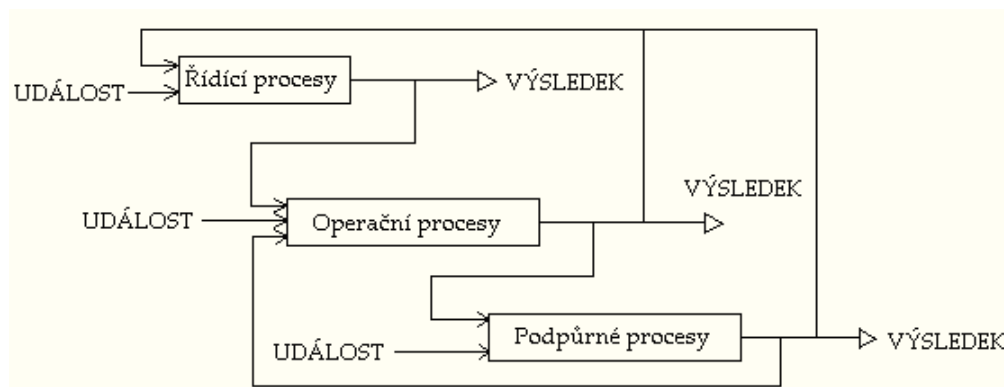
#### 2.1.4 Systém CIM – OSA (otevřená systémová architektura)

CIM – Computer Integrated Management (počítačem integrovaná výroba)

Je všeobecný model CIM, který je diferencovaný jako struktura (architektura) obsahující standardní stavební bloky – komponenty systému. Architektura se volila tak, aby byla vhodná pro široký okruh uživatelů. Uživatelé si mohou ze systému vybrat bloky, o které mají zájem. [1]

CIM zahrnuje:

- online řízení výrobních procesů
- vykonávání některých výrobních operací pomocí robotů
- počítačovou podporu plánování procesu (CAP)
- počítačovou podporu designu a kresličských prací (CAD)
- počítačovou podporu samotné výrobní činnosti (CAM)
- počítačovou podporu řízení jakosti (CAQ)



Obr.14 Schéma vztahů operačních, podpůrných a řídicích procesů v CIM – OSA [1]

### 2.1.5 Systém MRP II (Manufacturing Resource Planning)

Metoda MRP II, je vlastně metoda MRP (Material Requirements planning) doplněná o kapacitní plánování výroby tzv. CRP (Capacity Requirements Planning).

Historie metody MRP II je spojena s postupným využíváním v dané době dostupných možností počítačů pro zpracování úkolů plynoucích z přímých požadavků zákazníků a očekávaných prognóz potřeby trhu. Již v průběhu šedesátých let si totiž zahraniční podniky začaly uvědomovat, že vhodný systém plánování a řízení výroby je základem jejich informačního systému a tím úspěšného fungování. U nás došlo k rozšíření systému MRP II po roce 1990. [3]

### 2.1.6 Metody na bázi teorie omezení (TOC)

Možnostem metody MRP II, která je jinak velmi univerzální, přichází zejména v oblasti optimalizace kapacit na pomoc přístup obsažený v metodě – TOC (Theory of Constraints) – teorii omezení E. Goldratta. Ve srovnání s „klasickými“ přístupy řízení výroby obsaženými v MRP II nebo JIT je pro TOC charakteristické, že:

- Podobně jako MRP II je i TOC při plánování soustředěno na otázku kdy. To znamená, že původní požadavek zákazníka se rozpadá na určení správných termínů dodání surovin a komponent od dodavatelů a správné termíny zahájení výroby a montáže u vlastní produkce. Cílem je včasné dodání požadovaného produktu.

- TOC podobně jako JIT bere v úvahu zejména, jak je produkt vyráběn. Zabývá se změnou výrobního procesu a proměnnou velikostí dávky. Zejména však TOC zdůrazňuje úzká místa ve výrobě. [3]

Z hlediska uplatnění lze TOC podobně jako MRP II nasadit v dávkové výrobě s relativně velkým množstvím výrobků. Známý jsou především aplikace OPT (Optimised Production Technology) a DBR (Drum Buffer Rope). Jak již bylo uvedeno, podporují aplikace na bázi TOC nejen oblast dílenského řízení (APS), ale rovněž i plánování mimo podnik v rámci dodavatelských řetězců (SCM). [3]

### OPT (Optimised Production Technology)

Metoda OPT představuje nejen SW řešení, ale celkově velmi zajímavý přístup. OPT není klasickou optimalizací v exaktním slova smyslu. OPT předpokládá, že finitní plánování je praktickým řešením plánování výrobního systému a zvýrazňuje potenciál, který spočívá v rozpoznání úzkých a neúzkých míst a řízení toku materiálu výrobní dílnou. OPT bere dále v úvahu časy pro nastavení a seřízení stroje, velikost dávek, priority a rozložení jevů dle průběhu jejich nahodilosti. OPT zdůrazňuje i nákladové důsledky tohoto přístupu. [3]

Principy OPT jsou založeny na 10 pravidlech, které pomáhají firmě při dosažení jejího cíle, tj. generování finančních prostředků (peněz) plynoucích do podniku. Osm těchto pravidel se vztahuje k správnému podnikání a zbylá dvě pravidla jsou nutná k ochraně před tradičními přístupy k měření výkonnosti. [3]

OPT rozlišuje dva druhy zdrojů: úzkoprofilové (bottleneck) a neúzkoprofilové (non-bottleneck). Úzkoprofilové zdroje jsou takové, které limitují množství výrobků, které může firma produkovat. Mohou to být stroje, ale i speciální nářadí nebo specialista. [3]

Pravidla OPT:

1. Využití (vytíženost) neúzkého místa není určena jeho kapacitou (potenciálem), ale jiným omezením v systému.
2. Vytíženost a aktivace stroje nejsou totéž.
3. Hodina ztracená na úzkém místě je ztrátou celého systému.
4. Hodina ušetřená na neúzkém místě nemá smysl – je pouhým preludem.
5. Úzká místa určují propustnost a výši zásob systému.
6. Dopravní dávka by neměla být (v mnoha případech nesmí) rovna výrobní dávce.
7. Výrobní dávka by neměla být fixní, ale proměnná.
8. Kapacity a priority by měly být uvažovány souběžně a ne sekvenčně.
9. Je potřeba vyrovnat tok materiálu, ne kapacity.
10. Suma lokálních optim není rovna optimu celku. [3]

Obecně lze princip OPT, potažmo TOC, přirovnat k řetězu, u něhož ale nezjišťujeme hmotnost (u té by totiž platilo, že její celková hodnota je rovna součtu hmotnosti jednotlivých článků), ale celkovou pevnost, která je limitovaná pevností nejslabšího článku. Celý přístup se zaměřuje na identifikaci tohoto úzkého místa (omezení systému), přičemž existuje snaha je maximálně využít. U ostatních pracovišť není nutné plné vytížení a z tohoto pohledu například stojící „neúzký“ stroj není v rámci OPT chápán jako nežádoucí, a to do té doby, dokud nezpůsobuje čekání „úzkého“ místa. Toto úzké místo stanovuje vlastně rychlost průtoku celým výrobním systémem. Rovněž případné investice do zlepšení se vyplatí do zkrácení času na „úzkém“ místě, kde ušetřená minuta znamená vyšší průchod výrobním systémem a vyšší příjmy pro podnik. Na druhé straně nemá cenu investovat do strojů, které nejsou omezením systému a u nichž by zrychlení znamenalo jen delší dobu čekání před úzkým místem. [3]

### DBR (Drum Buffer Rope)

Druhou důležitou oblastí aplikace myšlenek TOC pro dílenské řízení je DBR (Drum Buffer Rope). Základní principy DBR charakterizují jednotlivá klíčová slova:

- buben (drum) – vztahuje se ke kapacitě zdroje, který představuje úzké místo (omezení) a který nastavuje takt pro celou výrobu
- zásobník (buffer) – zásobník chrání průtok systému od každodenních nahodilostí. Lépe než umístit sklad materiálu u každé operace, jsou při aplikaci DBR zásobníky umísťovány ke strategickým místům se vztahem k omezením systému, jedná se zejména o zásobník u úzkého místa, o expediční zásobník a zásobník na příjmu materiálu
- lano (rope) – svazuje vstup materiálu do dílny s bubnem a velikostí zásobníku, to synchronizuje všechny operace vzhledem k taktu “bubnu” k dosažení hladkého a rychlého toku materiálu sítí výrobních operací. [3]

Plánovací metoda DBR může vést k podstatným přínosům v dodavatelském řetězci tím, že u výrobního systému je zajištěn maximální průtok při současné minimální úrovni zásob.

## **3 Posouzení současného stavu a návrh řešení**

### **3.1 Normování vyráběných dílců**

Vzhledem k tomu, že se jedná o kusovou výrobu, je normování vyráběných dílců podstatně těžší, než by tomu bylo u sériové výroby.

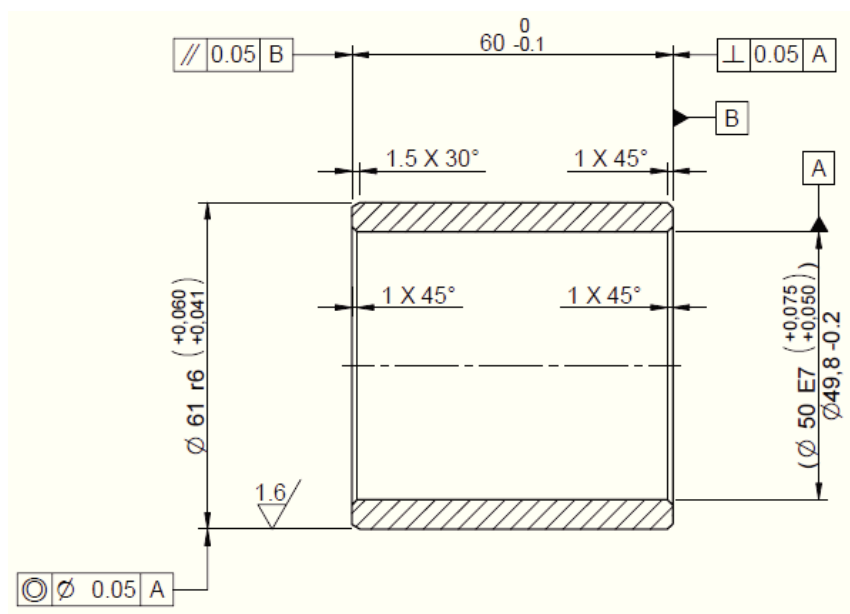
V první fázi určování strojních časů a časů na přípravu vyráběných dílců ve firmě, technologie vycházela převážně z vlastní zkušenosti výroby, nebo z časů, převzatých z programů na CNC. Tyto časy však byly velice hrubé, subjektivní a pro kapacitní plánování takřka nepoužitelné. Proto se rozhodlo přistoupit k radikální změně a v srpnu 2010 se ve firmě provedlo normování pomocí snímků průběhu práce se zaznamenáváním času u vybraných komponentů v buňce kroužků a následné vytvoření tabulek pro výpočet

strojního času a času na přípravu u ostatních podobných komponentů. Na dílně se vyrábí přibližně 100000 různých dílců s průměrnou dávkovostí nepřesahující dva kusy a jejich počet stále roste, proto by bylo vytvoření snímků průběhu práce se zaznamenáváním času pro každý komponent velice časově náročné.

### 3.1.1 Snímek průběhu práce

Snímek průběhu práce je druh snímku operace k průzkumu takových operací, jejichž průběh není možné předem stanovit. Při pozorování zaznamenáváme nejen čas, ale i účel jeho použití (název úkonu, operace). Snímek průběhu práce se používá v podmínkách kusové a malosériové výroby a tam, kde se nepravidelně střídají úkony, jejichž průběh nedovedeme předem určit. [1]

Pomocí snímku operace zkoumáme skutečnou spotřebu času na opakované operace na pracovišti jednotlivce nebo na několika stejných pracovištích, zpravidla pomocí stopek. Několikanásobné pozorování těžké operace na více pracovištích nám poskytuje informace o časové náročnosti jednotlivých úkonů a celé operace pro potřeby vypracování norem spotřeby práce dělníků. [1]



Obr.15 Normovaná součást

[illegible]

Obr. 16 Snímek průběhu práce se zaznamenáváním času

### 3.1.2 Tabulky pro stanovení strojních časů a časů na přípravu pro jednoduché komponenty

Pomocí snímků průběhu práce se zaznamenáváním času, které byly zhotoveny u vybraných dílců, byly vytvořeny tabulky pro přesnější stanovení strojních časů a časů na přípravu u podobných, jednoduchých komponentů v buňce kroužků.

Časy jsou měřeny v závislosti na průměru, délce a při tloušťce stěny 10mm a následně zapsány do tabulky. Tyto časy jsou určeny pouze pro nerez ocel. Ostatní materiály se musí násobit daným koeficientem.

Stanovení strojního času dle průměru a délky komponentu:

Průměr vnitřní díry	Délka (mm)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
do 50 mm	2min 50s	3min 8s	3min 25s	3min 43s	4min	4min 18s	4min 35s	4min 52s	5min 10s	5min 28s
do 75 mm	3min 42s	4min 8s	4min 34s	5min	5min 26s	5min 52s	6min 16s	6min 42s	7min 8s	7min 34s
do 100 mm	4min 52s	5min 33s	6min 14s	6min 55s	7min 36s	8min 16s	8min 87s	9min 38s	10min 19s	11min
do 125 mm	6min 11s	7min 10s	8min 9s	9min 8s	10min 7s	11min 6s	12min 5s	13min 4s	14min 3s	15min 2s
do 150 mm	7min 40s	9min	10min 20s	11min 40s	13min	14min 20s	15min 40s	17min	18min 20s	19min 40s
do 175 mm	9min 25s	11min 2s	12min 39s	14min 16s	15min 53s	17min 30s	19min 7s	20min 44s	22min 21s	23min 58s
do 200 mm	11min 7s	13min 17s	15min 27s	17min 37s	19min 47s	21min 57s	24min 7s	26min 17s	28min 27s	30min 37s
do 225 mm	13min 4s	15min 45s	18min 26s	21min 7s	23min 48s	26min 29s	29min 10s	31min 51s	34min 32s	37min 13s

Tab. 3 Tabulka pro stanovení strojního času

Řezné podmínky:  $v = 150\text{m/min}$ ,  $s = 0,25\text{mm/ot.}$  a tříska  $A_p = 2 - 2,5\text{mm}$

Přesné průměry: + 1min za každý přesný průměr do času v řezu

U stěny tenčí než 2mm se zahrne koeficient tenkostěnnosti 1,8 dle definovaných kritérií tenkostěnnosti.

Díry pro závity (pokud jsou řezané na soustruhu)		Díry pro závity včetně závitování na frézce	
M6	25s	M6	1,5 min
M8	25s	M8	1,5 min
M10	25s	M10	1,5 min
M12	25s	M12	1,5 min

a)

b)

Zápich	Šířka zápichu 3mm
Pr. 50mm	40s
Pr. 100mm	1min 11s
Pr. 150mm	1min 47s
Pr. 200mm	2min 15s

c)

Tab. 4 Stanovení strojního času dle výroby děr pro závity a dle zápichů (a, b, c)



Stanovení časů na přípravu:

Přípravné časy	min
Upíchnutí na hotovo (bez vrtání děr z průměru)	15
Upíchnutí s přídavkem na orovnění + SU „B“	25
Upíchnutí na hotovo, včetně vrtání děr z průměru	20
Upíchnutí s přídavkem na orovnění, včetně vrtání děr z průměru + SU „B“	30

Tab. 5 Tabulka pro stanovení časů na přípravu

Přípravný čas se může navýšit až o dalších 10 minut za každý z následujících faktorů:

- v případě složitějších a tenkých dílců (stěna tenčí než 2mm)
- více přesných průměrů
- specifických závitů, atd.

Vše závisí na subjektivním posouzení technologa.

Následně se všechny tyto časy sečtou a stanoví se celkový čas výroby komponentu na dílně. Do tohoto celkového času se započítává pouze čas na výrobu dílce (nezapočítává se kontrola, odhrocení, odmaštění, popis,...)

Tabulky byly vytvořeny pomocí simulací soustružnických operací v programu EdgeCAM a Mazatrol a také na základě výsledků snímků průběhů práce se zaznamenáváním času.

Podobným způsobem jako při normování kroužků se přistoupilo také k normování dílců v buňce spojek. V prvním kroku byly opět provedeny u několika vybraných komponentů snímky průběhu práce se zaznamenáváním času, na základě kterých byla vytvořena tabulka v excelu. Díky této tabulce se po zadání příslušných hodnot (délky, průměry, materiál,...) automaticky dopočítávají strojní časy a časy na přípravu potřebné pro výrobu konkrétního dílce.

Typ guard ringu:

Frézování - počet děr

Velké dily (>30mm)	4
Malé dily a drážky	15

Ruling section vyhovuje

Povrchová úprava

☐ Žádná

☐ Fosfatování

☐ Zinkování

Výpočet | Nulování

Op	SOp	Workcentre	Plant	CtrlKey	StdText	Description	Setup	Unit	Machine	Unit	Labour	Unit	Long text
10		CUTTING	CZ00			REZARNA MATERIALLU	0 MIN		0 MIN		0 MIN		
20		COUPL TU	CZ00			SU 'A' + SU 'B'	45 MIN		62 MIN		62 MIN		
30		COUPL MI	CZ00			FR	25 MIN		46 MIN		46 MIN		
40		DEBURR	CZ00			Odhročení	0 MIN		0 MIN		0 MIN		
50		INSPECT	CZ00			Kontrola	0 MIN		0 MIN		0 MIN		
60		EXTSTART	CZ00			Odesláni na externí operaci	0 MIN		0 MIN		0 MIN		
70		PHOSPHAT	CZ00			Fosfatování	0 MIN		2 MIN		2 MIN		
80		STORES	CZ00			Uložení na sklad	0 MIN		0 MIN		0 MIN		

Surový materiál	Délka
B/0000/2700/0484	66 MM

Obr. 17 Tabulka v excelu pro stanovení času na výrobu v buňce spojek

Tyto způsoby normování byly zatím zavedeny pouze pro výrobu kroužků a spojek. Ostatní komponenty, jako například pouzdra nebo přírubby, budou následovat.

### 3.2 Tvorba a výpočty odvozených normativů

#### 3.2.1 Výpočet strojních časů automatického chodu stroje

U pracovních operací, u kterých je spotřeba času pracovníka ovlivňována automatickým chodem stroje nebo mechanismem a kde proto mohou vznikat podmíněně nutné přestávky, je nutné k výpočtu normy času znát velikost času automatického chodu výrobního zařízení nebo, jak též bývá tento čas nazýván, strojního času. Není-li strojní čas přímo předepsán technologickým postupem (např. jako čas, po který musí být výrobek ohříván nebo po který se musí vyráběná směs míchat apod.) a jsou-li technologickým postupem předepsány nebo přímo výrobním zařízením dány jen technologické režimy (rychlost, otáčky apod.), je třeba strojní čas vypočítávat. [1]

### Soustruhy

Vzorec pro strojní čas na osoustružení válcové plochy jedním záběrem (jednou třískou):

$$t_s = \frac{L}{n \cdot s} \quad (3.1)$$

L – obráběná délka v mm

n – počet otáček obráběného předmětu za minutu

s – posuv nože v mm na otáčku

Při použití většího počtu záběrů:

$$t_s = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} \quad (3.2)$$

Pro volbu počtu otáček je směrodatná řezná rychlost a průměr obráběné součásti:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (3.3)$$

i – počet záběrů (třísek)

v – řezná rychlost v m/min.

D – průměr obráběné plochy v mm

Po dosazení za n má vzorec pro strojní čas při použití většího počtu záběrů tvar:

$$t_s = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \cdot i \quad (3.4)$$

Pro řezání závitu je výpočet strojního času na soustruhu dán vztahem:  
(platí při stejné rychlosti v záběru i zpět)

$$t_s = \frac{(L + l_1 + l_2) \cdot g}{n \cdot s} \cdot i \quad (3.5)$$

L - délka řezaného závitu v mm

$l_1, l_2$  - délka náběhu a přeběhu soustružnického nože v mm

i - počet záběrů

g - počet chodů závitu

n - počet otáček hlavního vřetene za min.

s - stoupání řezaného závitu

#### Frézovací stroje

Pro výpočet strojních časů při frézování válcovými, kotoučovými frézami a při čelním frézování platí vzorec:

$$t_s = \frac{(L + y) \cdot i}{n \cdot s} \quad (3.6)$$

L - frézovaná délka v mm

y - délka dráhy přebíhání frézy v mm

i - počet záběrů

n - počet otáček frézy v min.

s - posuv do řezu v mm na 1 otáčku frézy

Počet otáček frézy se vypočte:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (3.7)$$

v – řezová rychlost v m/min.

D – průměr frézy v mm

Délka přebíhání  $y$  při frézování válcovými a kotoučovými frézami je dána vztahem:

$$y = \sqrt{h \cdot (D - h)} \quad (3.8)$$

$h$  – hloubka třísky v mm

$D$  – průměr frézy v mm

Délku přebíhání frézy při čelním frézování stanoví vzorec:

$$y = r - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(4 \cdot r^2 - A^2)} \quad (3.9)$$

$r$  – poloměr frézy v mm

$A$  – šířka fréz. plochy v mm

Vrtací stroje:

$$t_s = \frac{(L + l_1) \cdot \pi \cdot d}{s \cdot 1000 \cdot v} \quad (3.10)$$

$L$  – vrtaná hloubka v mm

$l_1$  – výška špičky vrtáku

$d$  – průměr vrtáku

$s$  – posuv nástroje na otáčku v mm

$v$  – řezná rychlost v m/min

### 3.3 Porovnání výsledku časů soustružení jednoduchého dílce pomocí tabulky používané ve firmě a vzorců z literatury

Pro příklad porovnání jsem použil součást z obrázku 15.

#### **Dle tabulky (Tab.3):**

Z tabulky určím čas dle vnitřního průměru a délky.

- vnitřní průměr je 50mm a délka 60mm.
- Jelikož je tabulka pouze do délky 50mm, sčítám dva časy a to délku 50mm a 10mm
- Platí tedy: 5min 28s + 3min 8s = **8min 36s** – celkový čas na soustružení dílce dle tabulky
- Tento celkový čas obsahuje operaci vrtání, orovnění čela, hrubování i soustružení dílce na hotovo a následné upíchnutí.

#### **Dle vzorců z literatury:**

Pro výpočet časů na soustružení použiji vzorec 3.4 a pro výpočet předvrtání vzorec 3.10.

Předvrtání díry:

Pro předvrtání se ve firmě používá plochý vrták s plátky. Pro tento případ se použije vrták o průměru 45mm. Díra se předvrtá o 6mm delší, než konečný výrobek z důvodu orovnění čela a upichování.

$$d_p = 45\text{mm}$$

$$L = 60 + 6 = 66\text{mm}$$

$$l_1 = 0\text{mm}$$

$$s = 0,1\text{mm/ot.}$$

$$v = 100 \text{ m/min}$$

$$t_{spř} = \frac{(L + l_1) \cdot \pi \cdot d_p}{s \cdot 1000 \cdot v} = \frac{(66 + 0) \cdot \pi \cdot 45}{0,1 \cdot 1000 \cdot 100} = \underline{0,93 \text{ min}}$$

Soustružení čela (hrubování):

Polotovár (ocelová tyč) má 3mm přídavek na orovnění čela, proto se počítá se dvěma třískami.

$$D = 61 \text{ mm}$$

$$d_p = 45 \text{ mm}$$

$$v = 150 \text{ m/min}$$

$$s = 0,25 \text{ mm/ot}$$

$$L = \frac{D - d_p}{2} = \frac{61 - 45}{2} = 8 \text{ mm}$$

$$t_{shč} = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \cdot i = \frac{\pi \cdot 61 \cdot 8}{1000 \cdot 150 \cdot 0,25} \cdot 2 = \underline{0,08 \text{ min}}$$

Soustružení čela (na hotovo):

U soustružení na hotovo se nastavují jiné řezné podmínky než u hrubování a je ubíráno přibližně 0,2mm třísky.

$$i = 1$$

$$D = 61 \text{ mm}$$

$$d_p = 45 \text{ mm}$$

$$v = 180 \text{ m/min}$$

$$s = 0,1 \text{ mm/ot}$$

$$L = \frac{D - d_p}{2} = \frac{61 - 45}{2} = 8 \text{ mm}$$

$$t_{shč} = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \cdot i = \frac{\pi \cdot 61 \cdot 8}{1000 \cdot 180 \cdot 0,1} \cdot 1 = \underline{0,09 \text{ min}}$$

Soustružení (hrubování) - vnější:

Vzhledem k tomu, že surový materiál bývá v průměru o 5mm větší než výrobek na hotovo, počítá se většinou se dvěma záběry, tzn.  $i = 2$

$$D = 61\text{mm}$$

$$L = 60\text{mm}$$

$$v = 150\text{ m/min}$$

$$s = 0,25\text{ mm/ot}$$

$$t_{shvň} = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \cdot i = \frac{\pi \cdot 61 \cdot 60}{1000 \cdot 150 \cdot 0,25} \cdot 2 = \underline{0,61\text{min}}$$

Soustružení (na hotovo) – vnější:

$$i = 1$$

$$D = 61\text{mm}$$

$$L = 60\text{mm}$$

$$v = 180\text{ m/min}$$

$$s = 0,1\text{ mm/ot}$$

$$t_{shvň} = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \cdot i = \frac{\pi \cdot 61 \cdot 60}{1000 \cdot 180 \cdot 0,1} \cdot 1 = \underline{0,64\text{min}}$$

Soustružení (hrubování) – vnitřní:

Po předvrtání následuje hrubování díry a poté vysoustružení díry na hotovo. Vzhledem k tomu, že bude ubíráno 5mm, počítá se se dvěma záběry, tzn.  $i = 2$

$$d = 50\text{mm}$$

$$L = 60\text{mm}$$

$$v = 150\text{ m/min}$$

$$s = 0,25\text{ mm/ot}$$



$$t_{shvni} = \frac{\pi \cdot d \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \cdot i = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 60}{1000 \cdot 150 \cdot 0,25} \cdot 2 = \underline{0,5 \text{ min}}$$

Soustružení (na hotovo) – vnitřní:

$$i = 1$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$L = 60 \text{ mm}$$

$$v = 180 \text{ m/min}$$

$$s = 0,1 \text{ mm/ot}$$

$$t_{snhvn} = \frac{\pi \cdot d \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} \cdot i = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 60}{1000 \cdot 180 \cdot 0,1} \cdot 1 = \underline{0,52 \text{ min}}$$

Upichování:

Pro upichování se používá upichovací nůž.

$$D = 61 \text{ mm}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$v = 100 \text{ m/min}$$

$$s = 0,05 \text{ mm/ot}$$

$$L = \frac{D - d}{2} = \frac{61 - 50}{2} = 5,5 \text{ mm}$$

$$t_{su} = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s} = \frac{\pi \cdot 61 \cdot 5,5}{1000 \cdot 100 \cdot 0,05} = \underline{0,21 \text{ min}}$$

Výsledný strojní čas pro výrobu dílce dostaneme sečtením časů jednotlivých operací:

$$t_s = t_{spř} + t_{shč} + t_{snhč} + t_{shvně} + t_{snhvně} + t_{shvni} + t_{snhvn} + t_{su}$$

$$t_s = 0,93 + 0,08 + 0,09 + 0,61 + 0,64 + 0,5 + 0,52 + 0,21$$

$$t_s = \underline{3,58 \text{ min}} \cong 3 \text{ min } 35 \text{ s}$$

## **4 Celkové zhodnocení řešení**

### **4.1 Objektivizace norem**

Objektivizace norem je velice důležitá pro efektivní plánování výrobních kapacit. Pomocí objektivních norem můžeme přesně určit, kolik jsme schopni za určitý čas vyprodukovat výrobků. Takto objektivní normy nám šetří čas i peníze.

Špatně nastavené normy mohou přinést chaos do výrobního procesu zejména v případech, kdy se na základě špatných norem domníváme, že zvládneme více práce, než je ve skutečnosti reálné. Může se tedy stát, že od zákazníků přijmeme více zakázek, než jsme v daný termín schopni vyrobit. Toto může vést k prodloužení dodacích lhůt a nespokojenosti zákazníků.

Dále mohou špatně nastavené normy způsobit neefektivní využití výrobních kapacit a to zejména v případě, kdy jsou normy měkké, tedy když je pracnost nadhodnocena. V tomto případě dochází například k nedostatečnému využití stroje.

### **4.2 Porovnání výsledků**

Ve druhé kapitole jsem porovnával způsob normování dle tabulky pro stanovení strojního času používané ve firmě s normováním dle odborné literatury. Jako příklad jsem použil jednoduchý dílec (obr.15), u kterého jsem normu času na výrobu nejdříve spočítal dle firemní tabulky a následně dle vzorců z odborné literatury.

Podle firemní tabulky je strojní čas na výrobu dílce 8min 36s. Naopak podle vzorců z odborné literatury je to pouze 3min 35s. Pokud by se tedy pro výpočet norem použily vzorce z odborné literatury, dosáhlo by se objektivizace norem. Měli bychom ve firmě lepší přehled o kapacitním vytížení dílny a tím i mnohem přesnější možnost kapacitního plánování výroby.

Vzhledem k tomuto zjištění bych doporučil prověrku dalších kusů. Kdyby se prokázalo, že normy byly opravdu příliš měkké a ve skutečnosti by se na dílně zvládlo více práce, ušetřily by se finance zejména na externích kooperantech, kteří pro naši firmu vyrábí hlavně v době, kdy podle kapacitního plánu dílna nestíhá vyrábět. V současné době pro naši firmu externí kooperanti vyrábí 20% z celkové produkce John Crane Sigma.

## **Závěr**

V této bakalářské práci jsem se zabýval problematikou plánování výroby ve firmě John Crane Sigma. Nejdříve jsem popisoval průběh zakázky výrobním procesem a funkce jednotlivých oddělení od přijetí objednávky od zákazníka po expedici hotového výrobku. Dále popisuji systém plánování v podniku. Ve druhé části uvádím ostatní systémy řízení výroby a metody plánování.

Dále jsem popisoval způsob normování vyráběných dílců ve firmě. Pro názorný příklad jsem si vybral jednoduchý komponent, který jsem pomocí tohoto způsobu normoval. Poté jsem ten samý komponent normoval dle vzorců z odborné literatury.

V další fázi této práce jsem oba časy porovnal a navrhl řešení. V závěru popisuji objektivizaci norem. Zejména její důležitost při plánování výrobních kapacit.

### **Použitá literatura**

- [1] Novák, Josef. *Organizace a řízení*. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2006, 106s. ISBN 80-248-1223-1.
- [2] Novák, Josef. Hryzlák, Jan. *Ekonomika a řízení provozu*. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007, 75s.
- [3] Basl, Josef. *Podnikové informační systémy*. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 2002, 142s. ISBN 80-247-0214-2.
- [4] Novák, Josef. Šlampová, Pavlína. *Racionalizace výroby*. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007, 75s.